



Le modèle Cikda : conception de stratégies de gestion de la fumure organique

Aristide Sempore, Nadine Andrieu, Pierre Yves Le Gal, Hassan Bismarck Nacro, Eric Vall, Michel Sedogo

► To cite this version:

Aristide Sempore, Nadine Andrieu, Pierre Yves Le Gal, Hassan Bismarck Nacro, Eric Vall, et al.. Le modèle Cikda : conception de stratégies de gestion de la fumure organique. Vall E., Andrieu N., Chia E., Nacro H B. Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ?, Nov 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Cirad, 12 p., 2012, Colloques. <hal-00719029>

HAL Id: hal-00719029

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00719029>

Submitted on 18 Jul 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le modèle Cikɛda : conception de stratégies de gestion de la fumure organique

Aristide SEMPORE*, Nadine ANDRIEU**, Pierre Yves LE GAL***, Hassan Bismarck
NACRO****, Eric VALL*****, Michel SEDOGO*****

*CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

**CIRAD, UMR Innovation, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
CIRAD, UMR Innovation, F-34398 Montpellier, France

***CIRAD, UMR Innovation, F-34398 Montpellier, France

****IDR, UPB, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

*****CIRAD, UMR Selmet, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
CIRAD, UMR Selmet, F-34398 Montpellier, France

*****INERA, Ouagadougou, Burkina Faso

Résumé — Le modèle Cikɛda : conception de stratégies de gestion de la fumure organique En zone ouest africaine, les producteurs, confrontés à une baisse de la productivité des sols, doivent concevoir des stratégies innovantes de gestion de la fumure organique. Des démarches classiques ont été mises en œuvre pour faire face à cette situation mais ne elles permettent pas de faire une évaluation *ex-ante* des performances des exploitations. Les modèles de simulation bien que souvent complexe peuvent permettre cette évaluation. L'objectif de l'article est d'illustrer les premières phases de conception de stratégies innovantes de gestion de la fumure assistée par la modélisation. Cette étude s'est déroulée dans la province du Tuy avec trois exploitations types (agriculteur, agro-éleveur, éleveur). Elle a consisté au recueil et à la simulation avec le modèle cikɛda d'un scénario proposé par le producteur (scénario de base) et amélioré (scénario alternatif) par l'utilisateur du modèle. Ces scénarios ont été analysés en fonction de 3 principaux bilans : minéral, céréalier et économique. Les résultats du scénario de base ont confirmé que les stratégies actuelles de gestion de la fumure se traduisent par une faible production et une couverture de moins de 17 % de la superficie totale cultivée chez les agriculteurs et agro-éleveurs. La première stratégie alternative de gestion de la fumure permet d'améliorer le bilan minéral du précédent mais chez tous les producteurs. La deuxième stratégie alternative proposée permet d'accroître le bilan céréalier chez tous les producteurs. Cette étude a permis d'analyser les intérêts de la modélisation pour concevoir différents scénarios innovants de gestion de la fumure afin d'améliorer les performances de l'exploitation agricole.

Introduction

L'Afrique subsaharienne a accusé au cours des quatre dernières décennies une baisse de la production agricole par tête d'habitant (FAO, 2005). Cette baisse est due à la croissance démographique (Shiere *et al.*, 2002 ; Dembélé et Staatz, 2010) qui s'est traduite par la culture continue des parcelles entraînant une baisse de la fertilité des sols et des rendements (Piéri, 1989 ; Lompo, 2009). En effet, les jachères de longue durée qui permettaient jadis de restaurer la fertilité des sols ont fait place actuellement aux jachères de courte durée et/ou par endroit aux cultures continues limitant ainsi le maintien de la fertilité des sols (Sanchez *et al.*, 1997 ; Sedogo 1993 ; Le Roy, 1995). Face à cette situation, les producteurs doivent s'adapter en adoptant des stratégies innovantes de gestion de la fertilité des sols. En zone agropastorale une des voies possibles est la production de la fumure organique à travers l'intégration de l'agriculture à l'élevage.

En zone cotonnière, différentes innovations de gestion intégrée de la fumure organique ont été élaborées par la recherche. Ainsi, Sedga *et al.* (1996), a élaboré des stratégies permettant une amélioration des jachères naturelles. Bado *et al.* (1997), Lompo *et al.* (2002) en vue de gérer efficacement la baisse de la fertilité des sols tropicaux ont proposé une utilisation intégrée des engrais organiques et minéraux. Ces

innovations ont été proposées aux producteurs grâce aux démarches classiques de diffusion élaborées par Berger (1996), Dongmo *et al.* (2009), Sumberg *et al.* (2003). Ces démarches de diffusion, bien que efficaces sur le plan technique n'ont pas permis aux producteurs de faire une analyse prospective de différentes stratégies innovantes pouvant permettre une très bonne gestion de la fumure organique *in fine*.

Un enjeu pour la recherche est de concevoir et d'utiliser avec les acteurs des outils de modélisation pouvant aider le producteur à concevoir des modes de gestion de la fumure organique afin d'améliorer durablement les performances techniques et la fertilité des sols de l'exploitation. Plusieurs outils de modélisation, développés par la recherche ont permis d'analyser différentes innovations de systèmes de production (Sterk *et al.*, 2006). Mais ces outils de modélisation sont souvent exigeants en données de base (Tiftonell *et al.*, 2007 ; Van Wijk *et al.*, 2009) et trop complexes (Keating *et al.*, 2003) pour être utilisables dans des recherches visant à co-concevoir avec les acteurs des innovations (Keating and McCown, 2001 ; Meinke *et al.*, 2001).

Dans le cadre du projet Corus en zone cotonnière Ouest du Burkina Faso (Andrieu *et al.*, 2009), un modèle de simulation du fonctionnement de l'exploitation cikēda a été élaboré. Son élaboration a nécessité l'implication des chercheurs, conseillers agricoles et producteurs de cette zone. Ce modèle a été validé en situation de conseil avec des producteurs pour répondre à différentes questions technico-économiques de l'exploitation de ces derniers.

Dans ce contexte il convient d'affiner l'analyse sur la façon d'utiliser ce type d'outil simplifié de modélisation pour concevoir des stratégies de gestion innovantes de la fumure organique. Nous avançons l'hypothèse qu'en tenant compte des stratégies actuelles de gestion de la fumure organique des producteurs, nous pouvons proposer d'autres stratégies alternatives grâce à l'utilisation du modèle.

L'objectif de l'article est de présenter les stratégies actuelles et celles alternatives permises par la modélisation.

Nous allons après avoir décrit la méthodologie, présenter l'impact des pratiques actuelles de gestion de la fumure sur les performances de l'exploitation ainsi que celui de différents scénarios alternatifs issus des préconisations de la recherche mais surtout des objectifs et contraintes des systèmes de production. Nous discuterons pour terminer de l'importance des modèles de simulation dans la conception de stratégies innovantes de gestion de la fertilité des sols.

Matériel et méthode

Zone d'étude et échantillonnage

L'étude a été menée en zone cotonnière ouest africaine dans la province du Tuy au Burkina Faso. Cette zone agro-climatique est de type semi-aride selon la classification de la FAO (Jahnke, 1984). Elle est comprise entre les isohyètes 800 et 1 100 mm/an (Blanchard, 2005). Le climat est de type sahélo-soudanais. L'emprise agricole a été estimée à 31 % de la surface du territoire en 2004 et la densité du bétail est de 45 UBT/ km² (Koutou, 2009). Dans cette zone on identifie trois principaux types de producteurs : les éleveurs peulhs semi-sédentarisés pratiquant l'élevage des bovins et une agriculture d'autosubsistance, les agriculteurs cultivant du coton et des céréales en traction animale, les agro-éleveurs cultivant de grandes surfaces et possédant un cheptel assez important (Vall *et al.*, 2006). Nous avons choisi pour cette étude 3 exploitations réelles représentatives de la typologie existante dans cette zone.

Brève présentation du modèle Cikēda

Le modèle utilisé dans cette étude simule le fonctionnement technico-économique d'une exploitation à l'échelle d'une année et permet d'analyser l'impact d'une transformation de l'exploitation liée par exemple à la modification de l'assolement, l'amélioration de la production de fumure organique, l'introduction d'un atelier d'embouche (Andrieu *et al.*, 2009). L'année utilisée pour les simulations est subdivisée en trois saisons : la saison pluvieuse, la saison sèche chaude et la saison sèche froide. Pour chaque saison, le modèle calcule en fonction des données entrées par l'utilisateur (caractéristiques structurelles de l'exploitation, décisions stratégiques et tactiques, type d'année) trois principaux bilans, à savoir le bilan minéral, le bilan fourrager et le solde économique des activités agro-pastorales. Le bilan

minéral ne prend en compte que les apports et exports effectifs de matières organiques sur les parcelles cultivées par l'exploitant. Les autres apports abiotiques ne sont pas pris en compte. Les décisions renseignées par l'utilisateur concernent le choix d'assolement, les achats et ventes d'animaux, la part des résidus de culture disponibles récoltés, la valorisation de la matière organique et les apports de fertilisants chimiques.

Le modèle a été développé sous Microsoft Excel. Ce logiciel est facile à maîtriser et permet d'aboutir à un prototype fonctionnel en très peu de temps. Le modèle comporte sept modules reflétant les interactions entre systèmes de culture et d'élevage au sein des exploitations. Il s'agit des ressources de l'exploitation, du système d'élevage, du système de culture, du rationnement des animaux, de la production de fumure organique, de la fertilisation et de l'économie de l'exploitation.

La démarche

La conception de stratégies innovantes de gestion de la fumure assistée par la modélisation se déroule en 3 phases.

- **Phase 1** : diagnostic initial de l'exploitation ou situation de base. Cette phase a consisté au recueil des caractéristiques structurelles et fonctionnelles de la campagne agricole passée de l'exploitation et à la simulation de cette situation dite de base. Cette situation actuelle de l'exploitation a été considérée dans cette étude comme scénario de base. Les résultats de ce scénario de base ont été présentés aux producteurs pour une approbation. Ce scénario permet à l'intervenant de comprendre le fonctionnement global de l'exploitation, de dégager les atouts ainsi que les points faibles de cette exploitation (Attonaty et Soler, 1991).

- **Phase 2** : proposition par l'intervenant de scénarios alternatifs (étude de faisabilité). Cette phase a consisté à la formulation des scénarios alternatifs par l'utilisateur du modèle. En effet, ces scénarios alternatifs tiennent compte des contraintes technico-économiques des exploitations. Ils prennent aussi en compte les recommandations en termes de gestion de la fumure organique et minérale préconisées par la recherche et vulgarisées par les structures de développement. Nous proposons avons proposé deux scénarios alternatifs.

Dans le premier scénario alternatif (scénario 1), nous avons préconisé une augmentation de la capacité de stockage effectif de la fumure organique et des résidus de culture chez les agriculteurs et agro-éleveur. Chez l'éleveur, nous avons augmenté l'apport du NPK et de l'urée sur les parcelles de maïs. Ce scénario ne tient pas compte des recommandations de la recherche.

Le deuxième scénario alternatif (scénario 2) tient compte des recommandations de la recherche. L'objectif de la proposition de ce scénario (amélioration des pratiques initiales des exploitations types) n'est pas de rentabiliser à court terme les activités de l'exploitation agricole mais de gérer durablement et efficacement la fertilité des sols via l'intégration de l'agriculture à l'élevage. Nous avons modelé la superficie du maïs au disponible de la fumure organique de l'exploitation pour remédier à la baisse de la fertilité des sols afin de les gérer d'une façon durable. En d'autre terme, pour une quantité de production de la fumure organique donnée, nous proposons une superficie de maïs à cultiver de sorte à respecter les 2 tonnes/ha/an. Pour augmenter le rendement et corriger les déficiences en élément minéraux sur les parcelles avec pour précédent maïs, nous avons proposé d'augmenter la dose en NPK et urée pour répondre aux normes d'application de la fumure minérale des structures de recherches. Ces normes d'applications et de rendements escomptés sont issues des études réalisées par Nacro *et al.* (2010).

La proposition d'augmenter la capacité de stockage effectif de la fumure organique ne demande pas de lieu stockage supplémentaire (creusage de fosse). Nous nous sommes basés sur l'existant pour proposer une plus grande valorisation des fosses existantes en termes de production de fumure organique. En effet, les producteurs disposent déjà de fosses à la concession ou aux champs mais n'utilisent pas conséquemment les fosses pour le stockage de la fumure organique.

La troisième phase est à venir et va consister à une évaluation des scénarios proposés.

Analyse des données

Nous avons fait des calculs supplémentaires aux sorties du modèle pour nous permettre d'analyses et d'interpréter plus finement les données sur les différentes entrées et sorties des scénarios simulés. Ainsi nous avons calculé les valeurs suivantes.

(1) Le ratio nombre d'UBT sur superficie totale cultivée : (1) $RUBT = NUBT / SUPT$;
Avec : RUBT = Ratio UBT, NUBT= Nombre total d'UBT dans l'exploitation, SUPT = Superficie totale cultivée par l'exploitation.

(2) Le ratio quantité de fumure organique produite sur quantité potentielle de déjection du troupeau de l'exploitation : (2) $RFO = QFOP / QFOD$;

Avec RFO = Ratio fumure organique, QFOP = Quantité de fumure organique produite, QFOD = Quantité potentielle de déjection du troupeau de l'exploitation.

(3) La proportion des apports de fumure organique sur les sols cultivés= quantité de fumure organique produite $\times 100 / 2 \text{ tonnes} \times \text{superficie totale cultivée}$:

$$PAFO = QFOP \times 100 / 2 \text{ tonnes} \times SUPT ;$$

Avec PAFO = Proportion des apports de fumure organique sur les sols cultivés, QFOP = Quantité de fumure organique produite, 2 tonnes = Norme d'apport de fumure organique par an/ha, SUPT = Superficie totale cultivée par l'exploitation.

(4) Le revenu par actif = (produite brut lié à l'agriculture – charges liées à l'agriculture)/ nombre d'actifs de l'exploitation :

$$(4) REVA = (PBA - ChA) / NbA ;$$

Avec REVA = Revenu par actif, PBA = Produite brut lié à l'agriculture, ChA = Charges liées à l'agriculture, NbA = Nombre d'actifs de l'exploitation.

(5) Le revenu par hectare = (produite brut lié à l'agriculture – charges liées à l'agriculture)/ superficie totale cultivée :

$$(5) REVha = (PBA - ChA) / SUPT ;$$

Avec REVha = Revenu par hectare, PBA = Produite brut lié à l'agriculture, ChA = Charges liées à l'agriculture, SUPT = Superficie totale cultivée par l'exploitation.

(6) Le pourcentage de variation du revenu = (revenu du scénario alternatif – revenu du scénario de base) $\times 100 / \text{revenu du scénario de base}$:

$$(6) PVREV = (REVSA - REVSB) \times 100 / REVSB ;$$

Avec PVREV = Pourcentage de variation du revenu, REVSA = Revenu du scénario alternatif, REVSB = Revenu du scénario de base.

(7) Le pourcentage de variation du bilan céréalier : (bilan céréalier du scénario alternatif – bilan céréalier du scénario de base) $\times 100 / \text{bilan céréalier du scénario de base}$:

$$(7) PVBC = (BCSA - BCSB) \times 100 / BCSB ;$$

Avec PVBC = Pourcentage de variation du *bilan céréalier*, BCSA = *bilan céréalier du scénario alternatif*, BCSB = *bilan céréalier du scénario de base*.

Résultats

Pratiques actuelles de gestion de la fumure des exploitations types

Les données d'entrées du modèle

Le Tableau 1 présente les caractéristiques structurelles et les pratiques actuelles de gestion de la fumure organique et minérale (scénario de base). On remarque ainsi que le type agro-éleveur a une plus grande capacité de stockage de la fumure organique que les types agriculteur et éleveur. Il a également une importante surface cultivée associée à un nombre d'actifs élevé. Le type éleveur ramasse la plupart des déjections des animaux au niveau de son parc. Les apports de fumure minérale chez les types agriculteur et agro-éleveur sur le maïs et le coton se situent entre 100 et 150 kg de NPK/ha, 50 kg d'urée/ha. Chez le type éleveur, on remarque une application sur le maïs de 50 kg de NPK/ha.

Les résultats de la simulation

- Production et valorisation de la fumure organique

Sur la Figure 1, les figures B et D présentent les sorties des simulations du modèle et les figures A et C les calculs supplémentaires du scénario de base des exploitations. Sur la figure A on remarque que le ratio nombre d'UBT/ha est très élevé chez le type éleveur comparativement aux deux autres types. Cette

situation s'est traduite par des apports de fumure organique (FO) aux normes recommandées (2 t/ha) sur le maïs et le sorgho de cet éleveur (figure D). A travers la figure B, on note une grande valorisation de la fumure organique chez le type agriculteur. En effet, son ratio FO produite sur FO potentielle est supérieur à 1. Cette valorisation de la FO potentielle reste insuffisante pour couvrir (figure D) les besoins des cultures (faible dose d'apport au niveau du maïs) aux normes recommandées. La figure C présente la part de fumure organique apportée à toute la superficie cultivée des exploitations types. Elle est très faible (moins de 17 % de la superficie totale cultivée) chez les types agriculteur et agro-éleveur.

Tableau 1. Entrées du scénario de base des 3 types de producteurs.

Entrées	Agriculteur	Agro-éleveur	Éleveur
Nombre de bouches à nourrir	16	70	10
Nombre d'actifs	8	50	2
Capacité de stockage des fourrages (kg)	1 500	2 250	1 500
Capacité de stockage de la fumure organique (kg)	2 250	18 000	3 000
Surface totale cultivée (en ha)	7	87,5	3,25
Surface de coton (en ha)	4	62,5	0
Surface de maïs (en ha)	2	21	1
Surface de sorgho (en ha)	1	4	1,5
Surface de niébé (en ha)	0	0	0,75
Proportion de résidus de maïs récoltés (en %)	25	0	0
Proportion de résidus de sorgho récoltés (en %)	25	25	25
Nombre de bovins de trait au début de l'hivernage	2	9	4
Nombre global de BE (sauf BT et d'embouche)	0	34	100
Devenir des déjections des BT	Saison des pluies	Fosse	Fosse
	Saison sèche froide	Fosse	Parc
	Saison sèche chaude	Fosse	Parc
Devenir des déjections des BE	Saison des pluies	-	fosse
	Saison sèche froide	-	Parc
	Saison sèche chaude	-	Parc
Apport NPK (kg)	Coton	100	150
	maïs	100	150
	sorgho	0	0
Apport Urée (kg)	Coton	50	50
	maïs	50	50
	sorgho	0	0

BT : bovins de trait ; BE : bovins d'élevage.

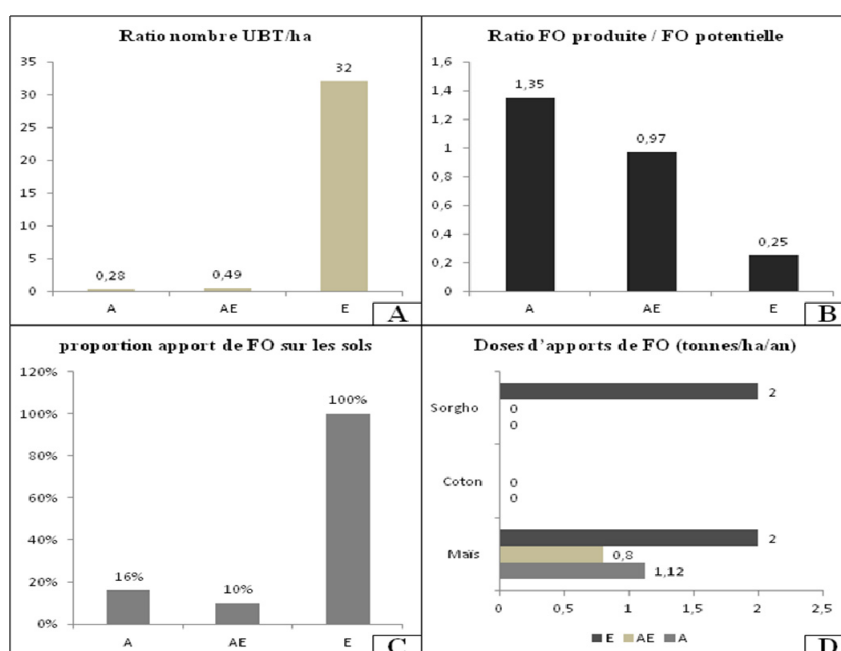


Figure 1. Sorties et calculs complémentaires du scénario de base.

- Bilans minéraux partiels des sols

Sur la Figure 2, on remarque à travers les figures B et C que les bilans en N et K sont négatifs respectivement sur les parcelles dont on a cultivé le maïs et le sorgho chez le type éleveur malgré les apports de fumure organique aux doses de 2 t/ha. Cela est lié non seulement aux moindres apports de fumure minérale constatés chez ce dernier mais aussi au type de la fumure organique. Car le fumier de parc apporte moins d'éléments minéraux que le compost. Le bilan minéral est négatif en N, P et K sur toutes les parcelles de sorgho de tous les producteurs compte tenu de l'absence d'apports de fumure organique et minérale chez les deux premiers types et de fumure minérale chez le type éleveur.

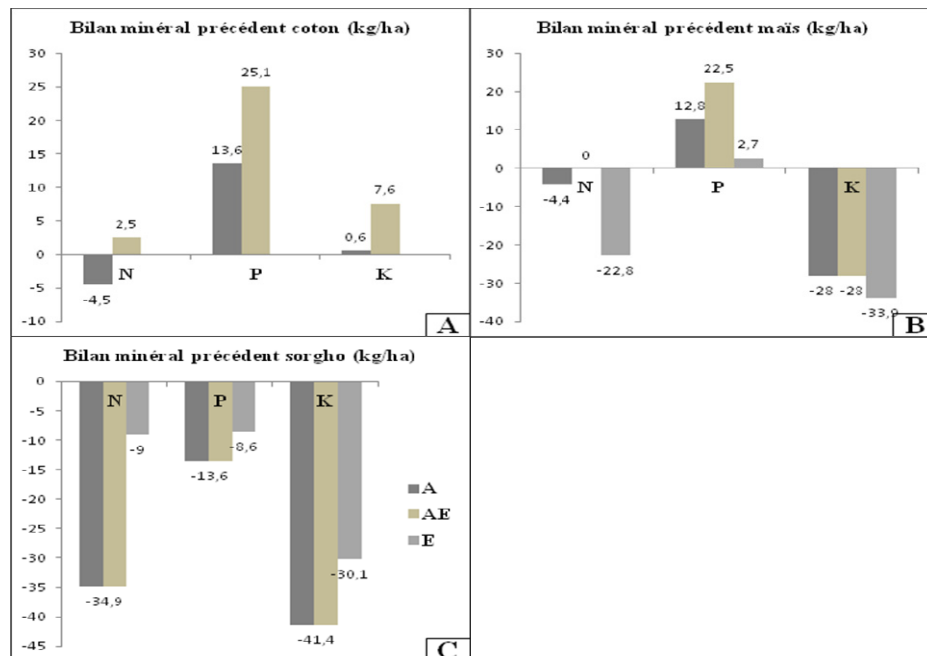


Figure 2. Bilans minéraux partiels des précédents culturaux.

- Bilan économique et céréalier

Sur la Figure 3, les figures A et B présentent les revenus par actif et par hectare des trois types d'exploitations. Le plus grand revenu par actif et par hectare a été enregistré chez le type agro-éleveur et le plus petit revenu par actif et hectare chez le type éleveur quelque soit le type d'année climatique. Ce revenu par actif et par hectare est lié à la culture du coton mais également à la culture des céréales (maïs et sorgho). Le bilan céréalier est positif chez tous les types de producteurs pour une année climatique favorable ou moyenne. Il est négatif chez les types agriculteur et éleveur en année climatique défavorable.

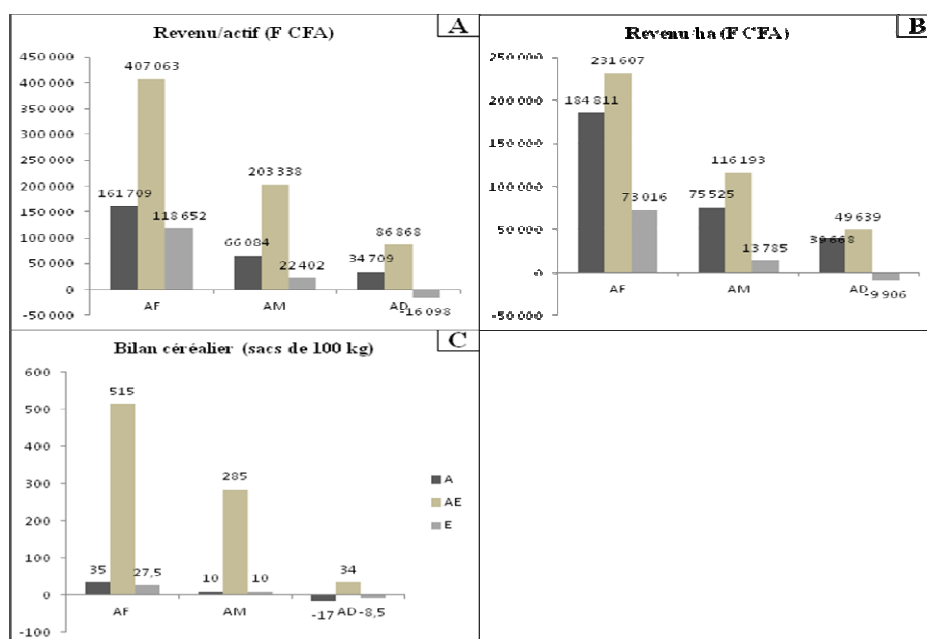


Figure 3. Bilans économique et céréalier des exploitations types.

Formulation de scénarios alternatifs

Scénario 1 (première amélioration possible des pratiques actuelles)

- Les entrées améliorées du scénario 1

Le Tableau 2 présente les entrées du scénario 1 basée sur une augmentation de la capacité du stockage effectif des résidus de culture et de fumure organique pour les types agriculteur et agro-éleveur et une augmentation des doses d'application de la fumure minérale pour le type éleveur. Nous n'avons pas jugé utile d'augmenter la capacité du stockage effectif chez les éleveurs car la quantité de fumier de parc produite était importante dans l'exploitation.

Tableau 2. Entrées alternatives du scénario 1.

Entrées		Agriculteur	Agro-éleveur	Eleveur
Capacité de stockage des fourrages (kg)		3 000	4 500	1 500
Capacité de stockage de la fumure organique (kg)		3 750	18 000	3 000
Proportion de résidus de maïs récoltés (en %)		50	25	25
Proportion de résidus de sorgho récoltés (en %)		50	25	25
Devenir des déjections des BT	Saison des pluies	Fosse	Fosse	Parc
	Saison sèche froide	Fosse	Fosse	parc
	Saison sèche chaude	Fosse	Fosse	Néant
Devenir des déjections des BE	Saison des pluies	-	fosse	Néant
	Saison sèche froide	-	Parc	Parc
	Saison sèche chaude	-	Parc	Néant
Apport NPK (kg)	Coton	100	150	-
	maïs	100	150	100
	sorgho	0	0	0
Apport Urée (kg)	Coton	50	50	-
	maïs	50	50	50
	sorgho	0	0	0

- Sorties production de fumure organique et bilans minéraux partiels

La Figure 4 présente les résultats obtenus pour le scénario 1. On note une augmentation de la couverture du sol en fumure organique de 1 à 10% (Figure A) respectivement chez le type agro-éleveur et agriculteur comparativement au scénario de base. Elle est faible chez le type agro-éleveur à cause de sa superficie totale cultivée malgré une amélioration de la valorisation des déjections de son troupeau (Figure B). On note aussi une amélioration des apports sur le maïs mais elles restent inférieures aux normes préconisées par la recherche (Figure C). La Figure D présente une amélioration des bilans en N, P et K de la parcelle dont on a cultivé le maïs. Ce bilan reste négatif en K pour toutes les exploitations. Cette amélioration du bilan minéral est due à l'augmentation de la production de la fumure organique chez les types agriculteurs et agro-éleveur et à l'augmentation de l'application de la fumure minérale (NPK) chez le type éleveur.

Dans ce scénario 1, les sorties concernant les bilans économique et céréaliier des différentes types exploitations restent inchangées comparativement au scénario de base.

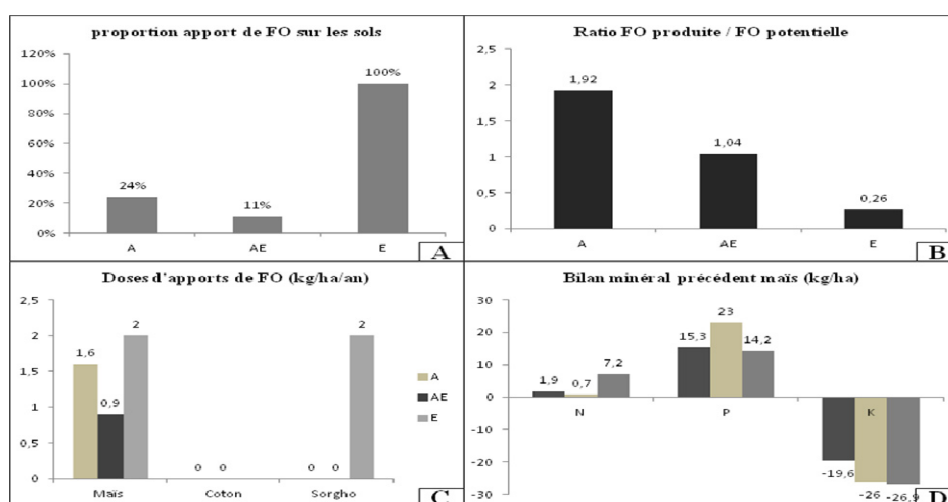


Figure 4. Production de fumure organique et bilan minéral du précédent maïs.

Scénario 2 (amélioration du scénario de base en fonction des recommandations de la recherche)

- Les entrées du scénario 2

Le Tableau 3 présente les entrées du scénario 2 en fonction des recommandations de la recherche.

Tableau 3. Entrées du scénario 2.

Entrées		Agriculteur	Agro-éleveur	Éleveur
Capacité de stockage des fourrages (kg)		3 000	18 000	3 000
Capacité de stockage de la fumure organique (kg)		4 500	25 500	3 000
Surface de maïs (en ha)		1,5	12	1,5
Surface de sorgho (en ha)		1,5	13	1
Proportion de résidus de maïs récoltés (en %)		50	25	25
Proportion de résidus de sorgho récoltés (en %)		50	25	25
Devenir des déjections des BT	Saison des pluies	fosse	Fosse	Parc
	Saison sèche froide	fosse	Fosse	Parc
	Saison sèche chaude	fosse	Fosse	Néant
Devenir des déjections des BE	Saison des pluies	-	Fosse	Néant
	Saison sèche froide	-	Parc	Parc
	Saison sèche chaude	-	parc	Néant
Apport NPK (kg)	maïs	200	200	150
Apport Urée (kg)	maïs	100	100	50

- Sorties production et doses d'apports de la fumure organique

On remarque sur la Figure 5, une amélioration du ratio fumure organique produite sur fumure organique potentielle chez le type agriculteur et agro-éleveur. Elle s'est traduite par une augmentation de la proportion épandue en fumure organique chez ces deux derniers (24 % pour le type agriculteur et 14 % pour le type agro-éleveur) types de producteurs (Figure B) et une application de celle-ci sur la culture du maïs aux normes recommandées (Figure C).

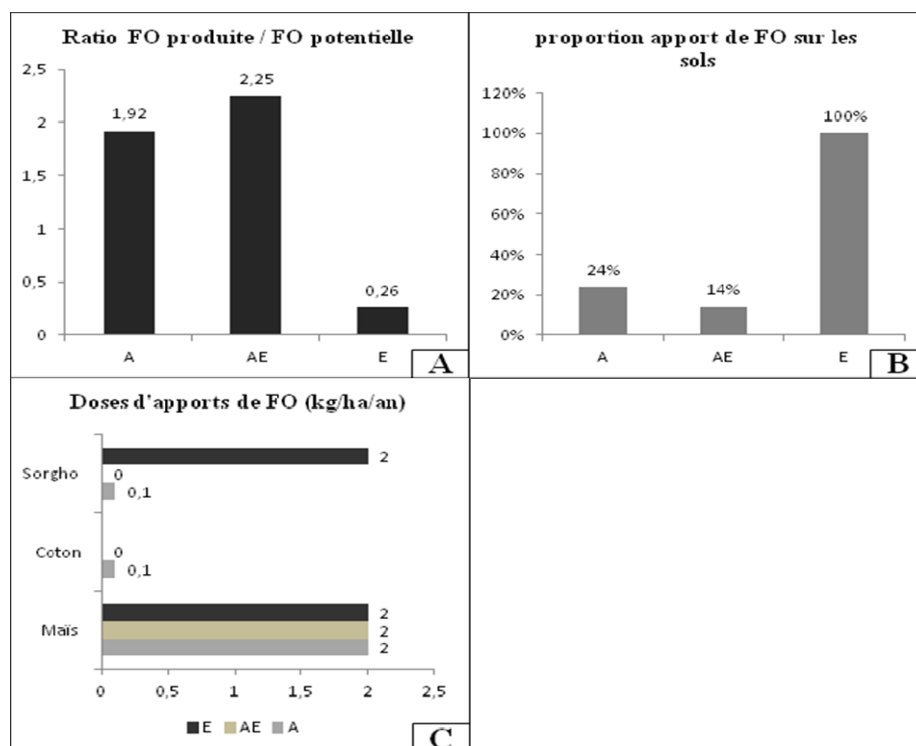


Figure 5. Sorties production de fumure organique et doses d'apports.

- Sorties bilans minéraux partiels

L'application de la fumure organique combinée à l'application de la fumure minérale a permis d'améliorer les bilans minéraux des sols avec pour précédents maïs et coton (Figure 6) comparativement aux bilans du scénario de base. Le bilan est positif en N et P et négatif en K sur le maïs chez tous producteurs.

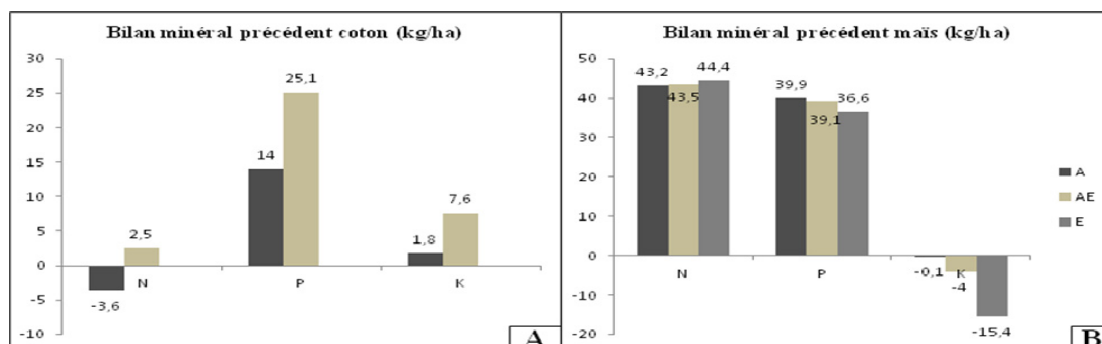


Figure 6. Sorties bilans minéraux partiels.

- Variation du revenu et du bilan céréalier du scénario 2 comparativement à ceux du scénario de base

La Figure 7 A et B présentent les pourcentages de variation du revenu et du bilan céréalier comparativement aux résultats du scénario de base. On a aussi une légère amélioration de 2 à 11 % du revenu des types agriculteur et agro-éleveur en années climatique favorable et moyenne et de plus de 40 % pour le type éleveur. Cette amélioration est liée à l'augmentation du rendement de maïs imputable à l'application des doses recommandées de la fumure organique et minérale. Cette augmentation du rendement du maïs s'est traduite par une amélioration du bilan céréalier des producteurs quelque soit le type d'année climatique (Figure B).

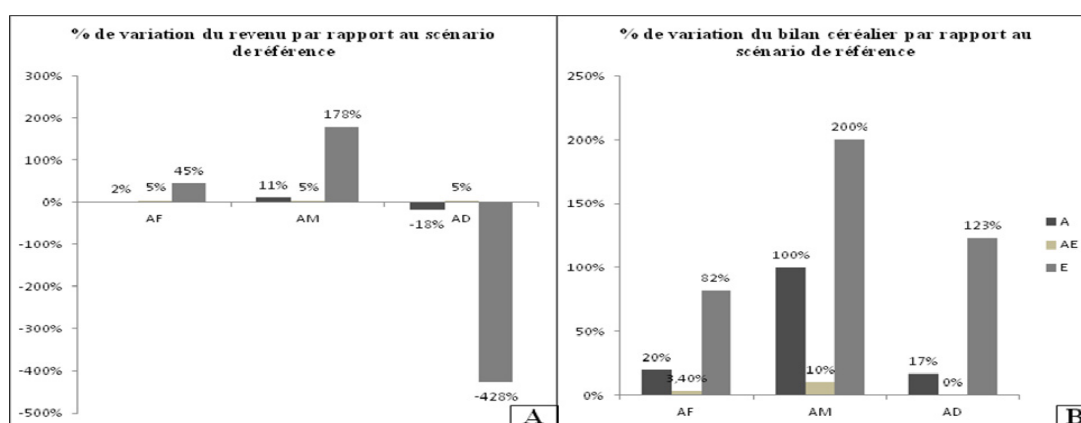


Figure 7. Pourcentage de variation du revenu et du bilan céréalier.

Discussion

Les résultats du scénario de base de toutes les exploitations, nous ont permis de mieux cerner les différents atouts et contraintes de ces exploitations. En effet, on a noté une faible application de la fumure organique chez les agriculteurs et agro-éleveurs. L'apport en fumure minérale est déficient chez tous les producteurs. Cela s'est traduit par des bilans minéraux partiels négatifs sur les parcelles de maïs, de coton et de sorgho. Ces résultats confirment ceux trouvés par Bationo et Mokwunye (1991), Sédogo (1993), Bado *et al.* (1997). Ces auteurs avaient trouvé que les faibles rendements des cultures étaient en partie dues aux pratiques sub-optimales de gestion de la fertilité des sols. Malgré l'apport conséquent (2tonnes de FO/ha) de fumure organique chez le type éleveur, les bilans minéraux partiels restent majoritairement négatifs sur les parcelles de maïs et de sorgho. En effet, le fumier et les résidus organiques sont d'une grande importance pour l'entretien de la productivité du sol, mais leur utilisation complète comme engrais ne fournirait qu'une proportion faible des éléments nutritifs (Pallo *et al.*, 2008 ; Ouattara 2009). Les résultats ont permis aussi de se rendre compte du potentiel de fumure organique non valorisé que le type agro-éleveur possède au sein de son exploitation avec son troupeau. Les scénarios alternatifs de gestion de la fumure organique et minérale permettent d'améliorer les bilans céréalier, minéral et économique au sein des exploitations de polyculture élevage. Ainsi, en augmentant la capacité du stockage effectif des résidus de culture et de fumure organique, en augmentant les doses d'applications de la fumure minérale et en adaptant la superficie du maïs on peut mieux gérer de façon durable la

fertilité des sols au sein de ces types d'exploitations. Le scénario 2 peut amener de vives discussions avec les exploitants car il rompt avec les pratiques habituelles de ces derniers. En effet, Stoorvogel et Smaling (1990) a montré que les engrais minéraux sont très peu utilisés dans l'agriculture des pays d'Afrique subsaharienne à cause de leurs coûts élevés comparativement aux faibles revenus des producteurs. Ainsi, on note l'importance d'utiliser un modèle dans cette conception de scénario alternatif car il permet de tester rapidement différents scénarios d'ordre stratégique ou tactique du fonctionnement de l'exploitation sans avoir à les expérimenter concrètement. Il favorise aussi une analyse des interactions entre les systèmes de culture et d'élevage au sein de l'exploitation. Quéau, (1986) affirmait à ce sujet que les modèles de simulation sont des outils expérimentaux s'attachant à l'exploration non pas du réel mais des scénarios qu'on s'en forme, qui permet de modifier sans risques et de jouer le stratège en « chambre ». Les résultats présentés dans cet article constituent donc un support de discussions entre le producteur et l'intervenant sur l'adéquation entre les objectifs, les moyens de production et leur mise en œuvre du producteur (Attonaty *et al.*, 1990). Ces résultats montrent des tendances de production agricole des exploitations et non la réalité car dans l'élaboration du modèle, certains facteurs abiotiques et biotiques n'ont pas été pris en compte. Une autre étude viendra en appui à la co-conception de stratégies innovantes de gestion de la fumure organique. Cette étude permettra de voir la faisabilité chez les producteurs des scénarios alternatifs formulés.

Conclusion

Cette étude a permis de cerner les différentes stratégies de gestion de la fumure et de proposer des scénarios alternatifs par l'utilisation de la modélisation. Les résultats des scénarios de base des trois exploitations types de la zone d'étude ont relevé les différentes performances de ces exploitations. Ils ont permis également d'appréhender leurs contraintes qui se résument à la faible application de la fumure organique et minérale au sein des parcelles cultivées. Des scénarios alternatifs ont été formulés grâce aux résultats des scénarios de base. Ces scénarios ont préconisé une plus grande valorisation de la fumure organique, une augmentation des apports de fumure minérale au sein des parcelles cultivées. Dans cette étude, on arrive ainsi avec l'utilisation des outils de la modélisation à une formalisation virtuelle de projet conceptuel de gestion innovante de la fumure organique et minérale. Cette formalisation virtuelle peut donc permettre aux exploitants à se construire un jugement sur leur propre mode de gestion de la fumure organique. Au terme de notre analyse et au regard des scénarios alternatifs formulés, une discussion avec les producteurs sur les résultats des stratégies proposées suivie d'une évaluation pratique serait nécessaire pour peaufiner la démarche d'accompagnement.

Bibliographie

- ANDRIEU N., DUGUE P., LE GAL P.Y., SCHALLER N., 2009. Modéliser le fonctionnement d'exploitations agricoles de polyculture élevage pour une démarche de conseil. Cas de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. In : Colloque/ Savanes africaines en développement : innover pour durer. Garoua - Cameroun, 20-24 avril 2009, 12p.
- ATTONATY J.-M. et SOLER L.G., 1991. Des modèles d'aide à la décision pour de nouvelles relations de conseil en agriculture. *Économie rurale*, 206 : 37- 45.
- ATTONATY J.M., CHATELIN M.H., POUSSIN J.C., SOLER L.G., 1990. Un simulateur à base de connaissance pour raisonner équipement et organisation du travail en agriculture. *Economies and Artificial intelligence*, 22 : 291-297.
- BADO B.V., SEDEGO M.P., CESCAS M.P., LOMPO F. et BATIONO A.; 1997. Effets à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina-Faso. *Agricultures*. Vol 6 n°6.
- BATIONO A. et MOKWUNYE A.U., 1991. Alleviating soil fertility constraints to increase crop production in West Africa: The experience in the Sahel. *Fertility Research* 29: 95 -115.
- BERGER M., 1996. L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. *Agriculture et développement*. Numéro hors-série.
- DEMBELE N.N. et STAATZ., 2010. Sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest: Enjeux et éléments stratégique pour sa réalisation. Document de travail, Programme de Recherche et de Renforcement des Capacités en matière de Sécurité Alimentaire en Afrique de l'Ouest (PRESAO), 26p.

DONGMO A.L., DUGUE P., VALL E., LOSSOURARN J., 2009. Optimiser l'usage de la biomasse végétale pour l'agriculture et l'élevage au Nord-Caméroun. Acte de colloque « Savanes africaine en développement : innover pour durer », Garoua : Cameroun, 2010, 10p.

FAO, 2005. Plan à moyen terme 2006-11 et propositions préliminaires au programme de travail pour 2006-07 relatives aux grands programmes 2.1, 2.2 et 2.5. Rome, 107p.

JAHNKE H.E., 1984. Système de production animale et développement de l'élevage en Afrique tropicale, CIPEA, KVV, 279 p.

KEATING B.A. et Mc COWN R.L., 2001. Advances in farming systems analysis and intervention. *Agricultural systems*, 70: 555-579.

KEATING, B.A., CARBERRY, P.S., HAMMER, G.L., PROBERT, M.E., ROBERTSON, M.J., HOLZWORTH, D.P., HUTH, N.I., HARGREAVES, J.N.G., MEINKE, H., HOCHMAN, Z., MCLEAN, G., VERBURG, K., SNOW, V., DIMES, J.P., SILBURN, M., WANG, E., BROWN, S., BRISTOW, K.L., ASSENG, S., CHAPMAN, S., MCCOWN, R.L., FREEBAIRN, D.M., SMITH, C.J., 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy* 18 : 267-288.

KOUTOU M., 2009. Gouvernance du partenariat et études d'impact des innovations agropastorales : Analyse de la base de données unités de production. Rapport d'activité du projet Fertipartenaires.

LE ROY, X. 1995. Le riz des villes et le riz des champs. Dans Cheneau-Loquay, A. ; Leplaideur, A. (dir.), Quel avenir pour les rizicultures de l'Afrique de l'Ouest. Actes des rencontres internationales, 4-7 avril 1995, Bordeaux (France). Centre national de la recherche scientifique ; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement ; REGARDS, Maison des Suds, Talence (France). p. 157-169.

LOMPO F., 2009. Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina. Thèse de doctorat en sciences naturelles. Université de Cocody. Abidjan, Cote d'Ivoire. 219 P + annexes.

LOMPO F., YOUL S., BONZI M., 2002. Valorisation des déchets urbains solides et liquides en agriculture urbaine et périurbaine : synthèse des principaux résultats. Ouagadougou. 52p.

MEINKE, H., BAETHGEN, W.E., CARBERRY, P.S., DONATELLI, M., HAMMER, G.L., SELVARUJU, R., STÖCKLE, C.O., 2001. Increasing profits and reducing risks in crop production using participatory systems simulation approaches. *Agricultural Systems* 70: 493-513.

NACRO S., OUEDRAOGO S., TRAORE K., SANKARA E., KABORE C., OUATTARA B., 2010. Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4) 1044-1055.

OUATTARA B., 2009. Analyse diagnostic du statut organique et de l'état structural des sols des agrosystèmes cotonniers de l'ouest du Burkina Faso (Terroir de Bondoukui). Thèse de doctorat en sciences naturelles. IDR/ UPB 186 p.

PALLO F.J.P., SAWADOGO N., SAWADOGO L., SEDOGO P.M. et ASSA A., 2008. Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12 (3) 291-301.

PIERI, 1989. Fertilisation des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du sahara. Ministère de la Coopération IRAT/CIRAD. 444 p.

QUEAU P., 1986. Eloge de la simulation : de la vie des langages à la synthèse des images. Ed. Champ Vallon. Col. milieux.

SANCHEZ, P.A., SHEPHERD, K.D., SOULE, M.J., PLACE, F.M., BURESH, R.J., IZAAC, A.M.N., MOKWUNYE, A.Z., KWESIGA, F.R., NDIRITU, C.G. WOOMER, P.L. 1997 Soil fertility replenishment in Africa: An investment in natural resource capital. In: Buresh, *et al.* Replenishing Soil Fertility in Africa. SSSA Special Publication Number 51:1-46.

SCHIERE J.B., IBRAHIM M.N.M., VAN KEULEN H., 2001. The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90 : 139-153.

SEDOGO M.P., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de

- gestion sur la fertilité. Thèse de Doct. D'Etat, FAST, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 285 p.
- SEGDA Z., HIEN V., LOMPO F., BECKER M., 1996. Gestion améliorée de la jachère par l'utilisation de légumineuses de couverture. Document IRD, 12p.
- STERK B., VAN ITTERSUM M.K., LEEUWIS C., ROSSING W.A.H., VAN KEULEN H. and VAN DE VEN G.W.J., 2006. Finding niches for whole-farm design models-contradiction in terminis? *Agricultural Systems*, 87: 211-228.
- STOORVOGEL J.J. et SMALING E.M.A, 1990. Assessment of soil nutrient depletion in sub Saharan Africa: 1983-2000. Report No. The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen, Netherlands. 28:1-4.
- SUMBERG J., OKALI C., REECE D., 2003. Agricultural research in the face of diversity, local knowledge and the participation imperative: theoretical considerations. *Agricultural Systems*, 76: 739-753.
- TITTONELL, P., ZINGORE, S., VAN WIJK, M.T., CORBEELS, M., GILLER, K.E., 2007. Nutrient use efficiencies and crop responses to N, P and manure applications in Zimbabwean soils: Exploring management strategies across soil fertility gradients. *Field Crops Research*, 100: 348-368.
- VALL E., DUGUE P., BLANCHARD M., 2006. Le tissage des relations agriculture – élevage au fil du coton. *Cahiers Agricultures*, 15 (1) 1-8.
- VAN WIJK M.T., TITTONELL P., RUFINO M.C., HERRERO M., PACINI C., de RIDDER N., GILLER K.E., 2009. Identifying key entry-points for strategic management of smallholder farming systems in sub-Saharan Africa using the dynamic farm-scale simulation model NUANCES-FARMSIM. *Agricultural Systems*, 102: 87 – 103.